

Prototipo funcional para la medición y consulta de nivel UV utilizando el internet de las cosas

Functional prototype for UV level measurement and queries using the IoT

Jesús Velázquez Macías¹, Claudia Guadalupe Lara Torres^{1,*}
José Alberto Vela Dávila^{1,2} y María del Consuelo González Domínguez¹

¹Universidad Politécnica de Zacatecas. Plan del Pardillo S/N, Parque Industrial, 99050, Fresnillo, Zacatecas, México

²Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo, Av. Tecnológico #2000, Solidaridad, 99040, Fresnillo, Zacatecas, México

*clara@upz.edu.mx

PALABRAS CLAVE: RESUMEN

Rayos UV, radiación, mensajería instantánea, Internet de las Cosas, cuidado de la salud

El acceso a dispositivos avanzados para la medición de fenómenos naturales cada vez es más accesible para su uso en proyectos personales, una muestra son algunos sensores que funcionan con microcontroladores, como objetivo general de este trabajo se desarrollará un dispositivo que detecte el nivel de radiación solar (UVA, UVB), presente en la ciudad de Zacatecas y sus lecturas pueden ser recibidas vía mensajería instantánea con lecturas en tiempo real, además de recibir recomendaciones sugeridas por la OMS de acuerdo al nivel de intensidad detectado, todo esto respaldado gracias a la tecnología del Internet de las cosas y utilizando una metodología descriptiva sobre las herramientas y procesos utilizados, la exposición prolongada a este tipo de rayos emitidos por el sol está fuertemente ligada a diferentes efectos en la piel de las personas, como quemaduras o incluso cáncer, por lo que tener la información sobre los niveles de radiación a lo largo del día es de suma importancia para prevenir los posibles efectos nocivos para la salud. Como resultado se obtuvo un prototipo de hardware que interactúa con los diferentes segmentos de software bajo la plataforma de Telegram, el cual proporciona el nivel de rayos UV detectados en tiempo real.

KEYWORDS: ABSTRACT

UV rays, radiation, instant messaging, Internet of Things, health care

Accessing advanced devices for the measurement of natural phenomena is being more accessible for its own use in personal projects, an example are some sensors which work with microcontrollers, as the general goal of this project a device will be developed, which will be able to detect the level of solar radiation (UVA, UVB), present in Zacatecas city and its lectures they can be received via instant messaging with real-time lectures and receive suggested recommendations by the OMS as well according to the detected intensity level, all of this supported thanks to the internet technology and utilizing a descriptive methodology about the tools and processes used, the prolonged exposure to this type of rays emitted by the sun is strongly linked to different effects in people's skin, such as burns or even cancer, hence having the information about the levels of radiation throughout the day is of vital importance to prevent harmful health effects. As a result a hardware prototype was obtained which interacts with all the different software segments utilizing telegram as its platform, which provides the level of UV rays detected in real time.

• Recibido: 23 de agosto de 2023 • Aceptado: 1 de febrero de 2024 • Publicado en línea: 1 de octubre de 2024

1. INTRODUCCIÓN

La radiación ultravioleta al igual que los rayos x, los rayos infrarrojos, las microondas, la luz

visible, las señales de radar y la radiodifusión son parte de la radiación electromagnética, sus ondas se pueden describir por la longitud de onda ya sea larga o corta, en nanómetros (1nm es

igual a 1 millonésima parte de un milímetro) [1]. El sol emite radiación ultravioleta dentro de las ondas respectivas, esta radiación es en su mayoría absorbida por la capa de ozono de la tierra, por desgracia esta última se ha ido deteriorando debido al cambio climático y al calentamiento global.

La radiación ultravioleta que llega a la tierra, se ha dividido tradicionalmente en bandas de longitud de onda denominadas: UVC, UVB, UVA [2]. El espectro y la intensidad de la radiación ultravioleta terrestre varían de acuerdo a la hora, el día, la altitud, la latitud y la longitud de donde sea medida su intensidad [2].

Las consecuencias asociadas a la sobre exposición a los rayos UVA o UVB puede provocar severas afectaciones dependiendo del tipo de piel y tiempo de exposición por lo que se debería evitar en la medida de lo posible [2].

Aproximadamente el 5% de la radiación solar en la superficie de la Tierra se considera ultravioleta, pero este mínimo porcentaje es capaz de ocasionar los principales y más graves efectos adversos para la salud humana relacionada con la piel [3].

La radiación ultravioleta proveniente del sol tiene una relación directa en el desarrollo de organismos vegetales y animales [1], en contraparte representa un riesgo potencial la exposición prolongada y sin protección en los seres humanos ya que sus rayos generan un envejecimiento prematuro de la piel [4], en la tierra también es generada de forma artificial para otros fines como la desinfección o la esterilización [5].

Datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) señalan que el cáncer de piel es el más frecuente en los seres humanos, pues cada año se diagnostican dos millones de nuevos casos en todo el mundo. En México ocupa el primer lugar de incidencia entre los hombres y el tercero entre las mujeres [6].

En un comunicado de la Secretaría de Salud se advierte que en México ocurren alrededor de mil casos anuales de cáncer de piel y por tratarse del órgano más grande de nuestro organismo, la piel es susceptible de padecer enfermedades ocasionadas por la radiación solar [7], y además concluye que el cáncer de piel duplica su incidencia cada 10 años, por ello es importante conocer los niveles de radiación para tomar las medidas precautorias necesarias para evitar un daño a corto o mediano plazo.

El cáncer de piel se presenta de forma cada vez más común, en México ocupa el segundo lugar de los cánceres más frecuentes [8], en años anteriores era común en personas mayores de 50 años, en el presente su incidencia aparece en edades más tempranas a causa de una mayor exposición al sol, debido a esto es posible observar la enfermedad desde los 18 años de edad [7],

Debido al riesgo que esto genera en la población es que la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP) establecieron un índice fácilmente interpretable por las personas el cual está relacionado con la capacidad de la radiación UV para causar lesiones cutáneas del tipo superficial o profundo dependiendo del nivel de exposición. Este índice sirve, además, como vía para hacer conciencia en la población y advertir a las personas de la inherente necesidad de adoptar medidas de protección cuando se exponen a la radiación UV proveniente del sol [9].

Tomando como punto de partida la importancia de cuidar la salud asociada a enfermedades de la piel, surge la necesidad de tener un mecanismo accesible y disponible para la población en general con información precisa y en tiempo real sobre las condiciones relacionadas a la radiación UV y su representación por medio del índice UV.

El objetivo principal del presente trabajo es realizar un dispositivo electrónico que apoyado por algunas herramientas de software y servicios de internet, proporcionen información referente al índice ultravioleta en tiempo real por medio de mensajería instantánea, como antecedentes a esta investigación se han realizado distintos dispositivos con la misma función y con el objetivo alineado al planteado en este trabajo, estos describen la elaboración y funcionalidad del dispositivo con elementos y sensores similares, pero con algunas limitantes en cuanto a disponibilidad, en algunos casos su uso es exclusivo para las personas que poseen el dispositivo, otros utilizan plataformas de pago para albergar sus servicios y otros tantos utilizan dispositivos electrónicos avanzados extras [10], [11], [12], [13], en cambio la propuesta descrita en este proyecto utiliza elementos de software y hardware libre fáciles de conseguir y de implementar por lo que lo hace reproducible de forma relativamente sencilla, trayendo consigo una gran disponibilidad para una gran cantidad de personas en un área determinada, con una mínima inversión para la adquisición de los materiales necesarios para su construcción, mantenimiento y operación del mismo supone una herramienta útil y precisa para mantener informada a la población.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El índice UV es un sistema estandarizado y sencillo de interpretar para medir la radiación ultravioleta que viaja desde el sol hasta la tierra, sirve como orientación para determinar el riesgo potencial para la salud [12]. La organización mundial de la Salud ofrece una guía práctica sobre el índice UV en la que explica los riesgos para la salud de la radiación ultravioleta y propone algunas medidas de protección en función de su intensidad [9].

Para medir la longitud del espectro electromagnético se utilizan los nanómetros

(nm), la luz ultravioleta proveniente del sol abarca el intervalo de 100 a 400 nanómetros [5], como se expresa en la Fig. 1.

La onda de los rayos UV-C va de los 100 a los 280 nm se consideran rayos extremadamente peligrosos para los seres humanos, estos rayos son absorbidos por la capa de ozono antes de llegar a la superficie de la tierra. [2], [4].

La onda de los UV-B va de los 280 a los 315 nm son rayos ardientes que causan quemaduras y cáncer de piel, los rayos son en su mayoría absorbidos por la capa de ozono, pero algunos de estos alcanzan a llegar a la superficie de la tierra. La onda de los UV-A va de los 315 a los 400 nm, son los rayos denominados bronceadores se consideran los rayos menos nocivos, la mayoría de estos rayos llegan a la superficie terrestre [2], [9].

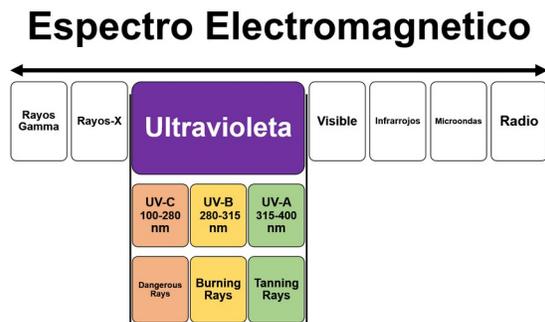


Figura 1. Espectro electromagnético correspondiente a los rayos ultravioleta (Fuente: Elaboración propia).

Para medir la intensidad de los rayos UV se requiere de dispositivos que tengan la capacidad de captar estas ondas, existen sistemas de medición de rayos UV los cuales son costosos, ocupan sistemas adicionales y su instalación requiere de conocimientos avanzados sobre electrónica por lo que su uso está limitado a un segmento pequeño y especializado de la población [10], [11], las aplicaciones móviles referente al clima o las páginas web relacionadas con temas del clima, requieren tener acceso al sitio correspondiente y el consumo de datos es mayor comparado con una aplicación de

mensajería instantánea como *Telegram* [14], por lo que muchas veces no es posible consultarlo de forma rápida por los usuarios, por esta razón y con el objetivo de prevenir algunas de las complicaciones mencionadas anteriormente, se pretende realizar un prototipo de medición que trabaje recibiendo la intensidad de los rayos ultravioleta para que la población de la ciudad de Zacatecas, México, pueda consultar de forma rápida y precisa estos niveles y así tomar una decisión sobre la protección que tiene que utilizar, este prototipo tendrá la capacidad de atender las consultas de varias personas de forma simultánea sin tener un consume excesivo de datos, este dispositivo supone algo novedoso en la región por su carácter preventivo, la población estará más educada e informada sobre estos temas y sus consecuencias negativas al estar expuesto en horas centrales del día realizando actividades al aire libre de forma excesiva y sin protección, este sería un complemento informativo que apoyaría al cuidado diario de la salud.

El usuario recibirá por medio de mensajería instantánea los índices actuales al momento de la consulta, además de recibir algunos consejos de utilidad avalados por la Organización Mundial de Salud, todo esto con el fin de evitar afectaciones futuras en la piel relacionados con la exposición excesiva al sol, la Organización mundial de la salud no recomienda publicar los tiempos de exposición sugerida según el nivel de radiación puesto que genera una falsa sensación de seguridad al estar expuestos determinado tiempo [9], por lo que estos tiempos no se mencionaran en este documento.

Para la realización de este proyecto será necesario el uso de un sensor de rayos ultravioleta que tenga como funcionalidad principal poder detectar el mayor rango de rayos UVA y UVB, este a su vez enviara los datos a un microcontrolador el cual realizara las conversiones de las lecturas recibidas, luego de haber procesado las lecturas serán enviadas a una PC conectada

permanentemente a internet, la cual por medio de algunos algoritmos enviara los datos al servidor de mensajería instantánea cada que un usuario realice una consulta, los usuarios requieren tener instalada la aplicación de mensajería instantánea *Telegram* de forma gratuita desde la tienda o centro de descargas del Sistema operativo de su smartphone.

El sensor utilizado para dichas mediciones utiliza un módulo denominado ML8511, es un dispositivo que funciona al emitir una señal analógica en relación con la cantidad de la luz UV detectada [12], produce un voltaje analógico que está relacionado linealmente con la intensidad UV medida (mW/cm^2), este sensor es capaz de detectar valores nm 280-390 por lo que se encuentra dentro del rango de detección de rayos UVB y UVA, los clasificados como UVC están fuera de su rango de detección [13].

El sensor ML8511 se conecta a una tarjeta *Arduino UNO*, la cual puede funcionar de forma independiente, sustentada con un voltaje constante, además tiene la capacidad de alimentar determinados dispositivos y tomar decisiones de acuerdo al objetivo por el cual fue programado, de esta forma puede interactuar con el mundo físico gracias a sensores y actuadores [10]. Se puede trabajar en conjunto con algunos otros dispositivos opcionales como una pantalla LCD o leds indicadores.

Una vez configurado y programado el sensor por medio del microcontrolador se deberán extraer los datos y enviarlos a un dispositivo que funcione como intermediario, este dispositivo puede ser una PC o *laptop* con características mínimas que sea utilizada exclusivamente para este propósito, entre sus características básicas podría incluir pero no está limitada a contener: un sistema operativo Linux, un procesador a 1000MHZ, 2 *Gigabytes* de memoria RAM, Disco duro de 80 *Gigabytes*, además de conexión permanente y estable a internet preferente por cable ethernet.

El programa que estará recibiendo los datos del microcontrolador deberá estar en ejecución siempre, este código está implementado en el lenguaje de programación Python, y su característica principal será recolectar valores recibidos a través del puerto USB y además estará a la espera de las peticiones de consulta realizada por los usuarios.

Telegram es uno de los servicios de mensajería instantánea más importantes en todo el mundo y para este proyecto sirve como plataforma de consulta creando una interfaz entre el usuario y la parte trasera del proyecto [15], específicamente el servidor Linux, el microcontrolador y el sensor de rayos ultravioleta. Telegram proporciona diversas librerías compatibles con el lenguaje de programación Python que facilitan la interacción y permiten comunicarse con los usuarios a través de mensajes de texto [16], [17].

A este tipo de tecnología se le conoce como Bot o chatbot, el cual está definido como asistente personal que responde a ciertas peticiones de los usuarios dependiendo del fin para el que fueron diseñados [14], [15].

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo utiliza una metodología descriptiva para analizar la integración de una plataforma IoT para medir el índice ultravioleta con un sistema de chatbot diseñado para responder consultas. Con este fin a continuación se describen los siguientes elementos:

3.1. Plataforma de Internet de las cosas

Una Plataforma de Internet de las Cosas (IoT) se compone de la integración de las tecnologías de redes de comunicación protocolos de software, datos y dispositivos inteligentes [18], según [19], la tecnología relacionada con IoT es fundamental en la innovación y desarrollo de muchos sectores;

está causando impacto en la vida cotidiana, en el ámbito social, la industria y los negocios, por lo que se considera que el presente proyecto tenga impacto positivo socialmente hablando.

En este proyecto, los servicios de mensajería instantánea de Telegram resultan ser los intermediarios entre el usuario y los dispositivos de IoT utilizados para la recolección de los datos, específicamente del valor de la radiación ultravioleta, como se muestra en la Fig. 2.

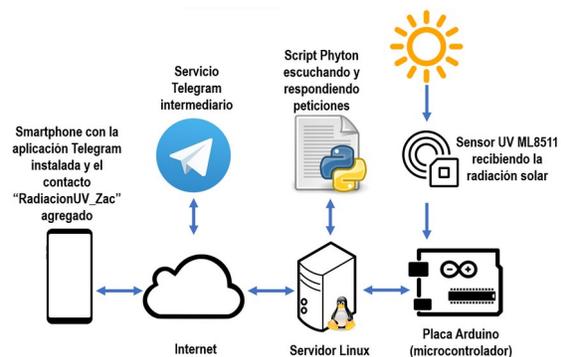


Figura 2. Esquema de hardware y software utilizado. (Fuente: Elaboración propia).

Para facilitar la comprensión y la estructura del proyecto este se divide en capas para segmentar y estructurar el funcionamiento físico y lógico de todo el conjunto de componentes [20], [21]. Cada capa cumple una función específica de acuerdo de la arquitectura IoT, la comunicación entre capas es fundamental para completar todos los procesos para los que fue diseñado el dispositivo, como recolección interpretación y almacenamiento de datos [22].

Este diseño se basa en las 4 capas propuestas por [18], [20] las cuales están definidas como Percepción, Red, Procesamiento y Aplicación (Fig. 3).

La primera capa contiene el microcontrolador y el sensor, ambos son responsables de recopilar las lecturas, darles formato y enviarlas a través del puerto de comunicación serial hacia la PC.

La segunda capa comprende los servicios de comunicación entre dispositivos y la comunicación hacia el exterior por medio de internet.



Figura 3. Diseño de 4 capas alineada a una aplicación típica de IoT. (Fuente: Elaboración propia).

La tercera capa se ocupa de la gestión, el envío y recepción de los datos del servidor de Telegram en internet, así como de las partes físicas de la PC necesarias para funcionar.

La cuarta capa está relacionada directamente con el usuario y su dispositivo móvil así como de la aplicación de *Telegram* y el contacto “RadiaciónUV_ZAC”, todos estos componentes están en modo espera para recibir peticiones de los usuarios y responder con los niveles de radiación actuales, esta capa se denomina de aplicación utiliza la información generada por la capa de procesamiento para presentársela al usuario [18].

El diseño de este dispositivo combinado con algunas otras tecnologías puede ser útil para advertir a los usuarios de quemaduras solares por la exposición directa, detectando el índice UV de acuerdo a las condiciones climáticas. Durante toda la implementación de este proyecto se utilizó hardware y software libre.

3.2. Índice UV

El índice UV representa el nivel de radiación presente en un lugar específico, fue propuesto por la OMS como un mecanismo de fácil interpretación por parte de la

población, como se muestra en la Fig. 4. El índice se expresa como un valor por encima de cero, entre más alto, mayor es la probabilidad de presentar lesiones en la piel [9].

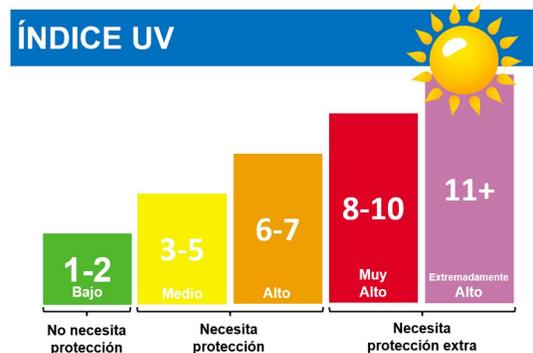


Figura 4. Representación del índice ultravioleta propuesto por la Organización Mundial de la Salud. (Fuente: Elaboración propia).

3.3. Sensor de rayos UV

Existen diferentes tipos de sensores de rayos UV dentro del mercado tecnológico compatibles con tarjetas microcontroladoras los cuales tienen características particulares, algunas más precisas que otras, entre las diferentes opciones destaca el modelo ML8511 por su facilidad de implementación, precisión y adquisición [11], [12].

Según los datos ofrecidos por el fabricante en la ficha técnica del sensor ML8511, menciona que tiene una salida de voltaje de 0V a 3.5V, está construido con un amplificador interno lo que facilita su operación en comparación con otros sensores de su tipo, esto hace que no requiera de un conversor adicional para poder interpretar los datos. Dispone de un rango de operación de longitud de onda que contempla todo el espectro UV-B que es la luz ultravioleta más perjudicial y parte del espectro UV-A [13].

La salida de voltaje durante la operación del sensor está linealmente relacionada con la intensidad de rayos UV y esta expresada en mW/cm². Esto significa que a un voltaje de

0V le corresponde un índice UV 0 y a un voltaje de 3.0V le corresponde un índice UV de 15 que es valor máximo que el sensor puede reportar en base a la escala de la OMS [23].

Esta relación lineal permite que el sensor pueda ser operado directamente por un microcontrolador como por ejemplo *Arduino*, sin mayores complicaciones ni componentes adicionales para manipular la señal recibida.

Para el presente proyecto se elige el sensor ML8511 frente a otros debido a la sencillez en su implementación, disponibilidad y relativa facilidad de conversión del voltaje recibido a valores entendibles propuestos en el Índice UV de la OMS.

El sensor al estar expuesto a las inclemencias del tiempo maneja un sistema de protección propuesto por [10], en el cual utiliza una bombilla de luz convencional, además se mencionan las técnicas necesarias para la protección y resguardo del sensor ML8511 para asegurar una mayor durabilidad y por ende extender la vida útil de los componentes expuestos al aire libre.

3.4. Microcontrolador

Se utilizó una tarjeta *Arduino UNO* como plataforma de hardware en el prototipo integrado de IoT, por su versatilidad, durabilidad y compatibilidad con distintos sensores y otros dispositivos electrónicos, representa una de las mejores opciones en este tipo de tarjetas de bajo costo [11]. Se programó esta tarjeta para interactuar con el sensor ML8511 y se utilizaron algunos algoritmos para promediar las lecturas y emitir una respuesta más precisa, el número de lecturas es una variable que puede modificarse en función de las necesidades propias del área o localidad donde se valla implementar. En este caso y para realizar las pruebas correspondientes se obtienen 8 lecturas provenientes del sensor UV obteniendo un promedio final de un valor más preciso.

Adicionalmente, de forma opcional y como complemento se puede utilizar una pantalla LCD u OLED para mostrar los valores del dispositivo en forma local, otra forma de interpretar las lecturas es utilizando leds de colores de acuerdo al nivel de rayos UV expresados en la Fig. 4, encendiéndolos o apagándolos según sea el caso, para tener una lectura local del índice UV presente en determinado momento.

El flujo que siguen los datos dentro del programa alojado en el microcontrolador está representado en la Fig. 5, cabe señalar que el recuadro con relleno en color gris representa la parte más importante del proceso debido a que es ahí donde los valores obtenidos del sensor serán escritos en el puerto serial del servidor para de esa forma estar disponibles cuando el script de *Python* los requiera, o dicho de otra forma, cuando algún usuario solicite información y el script tenga que consultarla en el puerto mencionado.

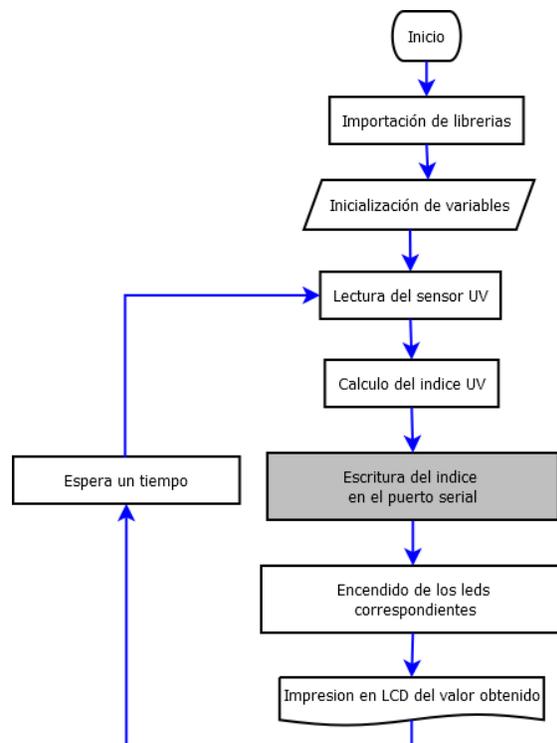


Figura 5. Diagrama de flujo de datos programado en el microcontrolador. (Fuente: Elaboración propia).

3.5. Bot o chatbot

Los Bots o *chatbot* son programas diseñados para responder a acciones que realizan o comandos que envían los usuarios a una determinada aplicación, normalmente con lenguaje entendible por el usuario, sin que otro usuario medie directamente, por lo tanto ambos, usuario y Bot pueden interactuar intercambiando información [15], también es considerada una inteligencia artificial diseñada para poder comunicarse directamente con los humanos [24]. Los Bots son capaces de interpretar y posteriormente responder a las acciones humanas, en la realidad solo interpretan las entradas respondiendo de acuerdo a las comparaciones o patrones definidos internamente [25], un Bot no podrá responder o analizar consultas para las que no fue diseñado.

En el presente proyecto, el Bot está diseñado para responder algunos comandos predefinidos en el código del script de Python, las cuales se enumeran a continuación:

- /start: Comando universal para inicializar los Bots de Telegram.
- /uv: Consulta el índice ultravioleta presente en el momento.
- /tip: Muestra un mensaje aleatorio relacionado con el tema de los rayos ultravioleta publicados por la OMS.
- /ayuda: Muestra un menú con los comandos reconocidos por el bot.

3.6. Servidor Linux

Técnica y operacionalmente cualquier sistema operativo moderno podría utilizarse para realizar las funciones propias de un servidor en este tipo de proyectos, pero se seleccionó el sistema operativo *Linux* debido a su estabilidad, consumo bajo de recursos, la seguridad intrínseca que proporciona además por ser software libre y de código abierto [26]. Específicamente se utilizó el sistema operativo *Debian* en su versión 11, solo con los

componentes mínimos para su funcionamiento.

3.7. Script Python

El script que se ejecuta en el servidor está escrito en el lenguaje de programación *Python*, este código está en ejecución en espera de alguna consulta proveniente de la aplicación *Telegram* en solicitud de algún usuario, una vez recibida la consulta el script envía la petición a la tarjeta microcontroladora para esta a su vez solicitar la información al sensor de rayos UV, repitiéndose el proceso de forma inversa hasta que el usuario visualice la respuesta.

Este script es el que proporcionara además algunas funciones adicionales como por ejemplo realizar la interacción entre la tarjeta microcontroladora y el servidor en internet de *Telegram*, por medio de un *Token* único proporcionado por *Telegram* el cual se obtiene al crear el Bot por medio del *BOTFATHER* (Gestor de Bots dentro de *Telegram*). Además, es el encargado de proporcionar algunos consejos y recomendaciones emitidas por la OMS en el tema referente a los rayos UV. Podría decirse que es la base de conocimiento del Bot ya que aquí es donde se definen las respuestas que puede proporcionar el Bot de acuerdo con las interacciones que se tengan con el usuario, en la Fig. 6, se muestra el mensaje correspondiente a la solicitud /start dentro de la interfaz de *Telegram*.

A base de comparaciones sobre las cadenas de texto recibidas se emite la respuesta coincidente, cabe destacar que el Bot no responderá comandos no reconocidos o establecidos en esta sección del proyecto.

La Fig. 7 representa el flujo de datos dentro del script de *Python* el cual se encuentra ejecutándose indefinidamente dentro del servidor, el recuadro color gris representa la sección relevante de este programa, ya que es la que se relaciona directamente con el programa que se ejecuta en el

microcontrolador también representado en su recuadro con fondo color gris.

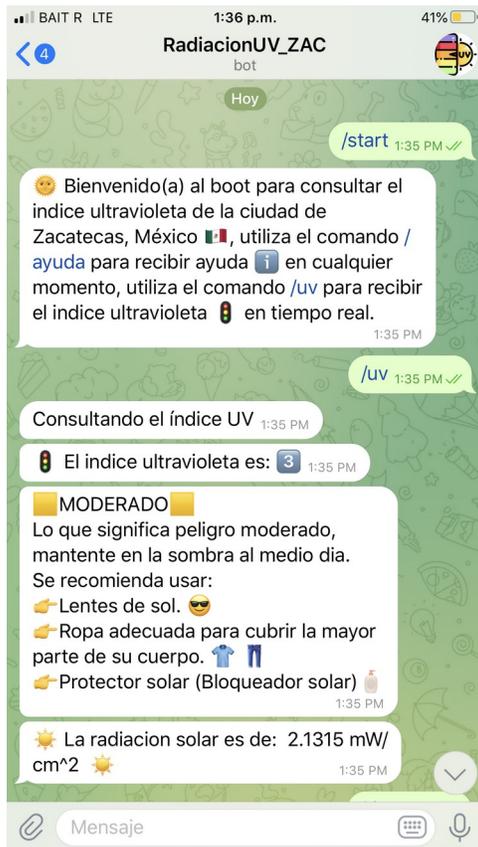


Figura 6. Captura de pantalla de la aplicación Telegram dentro del contacto “RadiacionUV_ZAC” con las salidas de los comandos /start y /uv. (Fuente: Elaboración propia).

3.8. Aplicación Telegram

Telegram es una aplicación de servicio de mensajería instantánea, que permite a los usuarios enviar mensajes comunes, fotografías, videos, realizar llamadas y videollamadas a través de Internet. La aplicación de Telegram se diferencia de otros servicios de mensajería similares, por incluir mejoras en cuestiones de privacidad, ser de código abierto, tener almacenamiento ilimitado y algunos otros [14]. Es en esta aplicación donde el usuario visualizara las consultas recibidas a través del Bot, las cuales provienen del script mencionado en el párrafo anterior.

Dentro de la aplicación Telegram y previo a utilizar el Bot este deberá agregarse localizándolo en la sección “Contactos” y tecleando el siguiente texto sin comillas “RadiacionUV_ZAC” al estar tecleando el texto es posible que aparecerán algunos otros Bots con nombres parecidos, luego de localizarle y seleccionarlo se podrá iniciar una conversación para poder utilizar los comandos descritos en secciones anteriores de este documento.

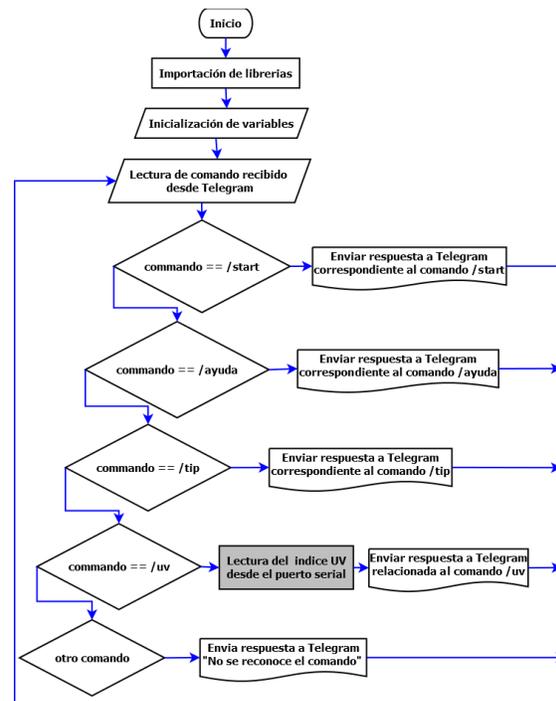


Figura 7. Diagrama de flujo de datos programado en el script de Python el cual se encuentra ejecutándose en el servidor. (Fuente: Elaboración propia).

La Fig. 8 muestra la forma de localización y agregación del contacto necesario para utilizar el Bot.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

En la ciudad de Zacatecas, México, no se tiene una publicación oficial sobre los índices UV por parte del gobierno del estado o por alguna autoridad relacionada con fenómenos naturales, por lo que no se pueden realizar lecturas comparativas de acuerdo a alguna publicación oficial, por consiguiente los

valores obtenidos por el sensor y consultados a través de la aplicación Telegram solo se compararon con los valores emitidos por aplicaciones móviles relacionadas con el clima, estos valores sirvieron de punto de referencia para determinar la fiabilidad y coincidencia del sistema de medición de rayos UV desarrollado.

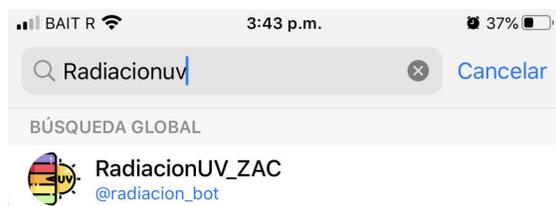


Figura 8. Localización del contacto “RadiacionUV_ZAC” dentro de la aplicación Telegram. (Fuente: Elaboración propia).

En relación a las funciones adicionales del Bot, como la consulta de sugerencias, se añadieron a la base de conocimiento cerca de 100 tópicos apegados a la literatura publicada por la OMS correspondientes a la guía práctica sobre el nivel de rayos UV y cuidado de la salud.

El dispositivo funciona sin inconvenientes durante las pruebas preliminares efectuadas a distintas horas del día.

CONCLUSIÓN

La integración de una plataforma de IoT junto con un sistema de detección de rayos UV sirvió para cumplir el objetivo del presente trabajo.

El dispositivo desarrollado tiene el propósito de alertar a la población sobre los riesgos potenciales al estar expuesto a los rayos UV emitidos por el sol, este dispositivo junto con el software utilizado y los algoritmos conjuntos, mostraron funcionar de forma eficaz y estable, el proyecto además resulta asequible, fácil de instalar y configurar.

La capacidad del Bot, si bien responde a los comandos esenciales sobre consultas, recomendaciones y ayuda sobre el uso del

mismo, está limitado a la base de conocimiento programada en el script de Python, esta base puede ampliarse o modificarse según la región donde se implemente para ofrecer una interacción más natural y completa mejorando así la experiencia del usuario a la hora de su utilización, siempre apoyándose en las recomendaciones de la OMS o en alguna otra publicación oficial, las cuales alertan sobre la peligrosidad de no estar protegido a la hora de estar al aire libre ya sea por cuestiones de trabajo o de recreación, el proyecto se apegó a estas recomendaciones de forma íntegra.

Se sugiere como investigaciones posteriores generar estudios y análisis sobre la eficacia del dispositivo y sobre el nivel de utilidad que tendrá sobre las personas, si se llegase a implementar en otras regiones donde sus gobiernos si emitan alertas sobre el nivel de radiación UV, pudiéndose realizar estudios comparativos sobre su funcionamiento, validando así su nivel de precisión.

Asimismo, a futuro podría proponerse un elemento de protección adecuado para todos los componentes electrónicos, especialmente el sensor UV, los cuales estarán a la intemperie dependiendo el clima de la región donde sea implementado, esta protección no deberá alterar los valores obtenidos.

Agradecimientos

A las autoridades administrativas de la Universidad Politécnica de Zacatecas por las facilidades otorgadas para la realización del presente proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Ali, SAK, Mohsin BB. Effect of Radiation of Sun on Workers in Baghdad City, Journal of Green Engineering, 2021, 11(2), 1797-1810. doi: [10.31272/jjeasd.26.2.9](https://doi.org/10.31272/jjeasd.26.2.9).
- [2] Hart PH, Norval M, Byrne SN, Rhodes LE. Exposure to ultraviolet radiation in the modulation of human diseases, Annu Rev Pathol, 2019, 14, 55-81. doi: [10.1146/annurev-pathmechdis-012418-012809](https://doi.org/10.1146/annurev-pathmechdis-012418-012809).
- [3] Modenese A, Korpinen L, Gobba F, Solar radiation exposure and outdoor work: An underestimated

- occupational risk, ECORFAN, 2018, 15(10), 56-62. doi: [10.3390/ijerph15102063](https://doi.org/10.3390/ijerph15102063).
- [4] González-Púmariega M, Tamayo MV, Sánchez-Lamar Á, La radiación ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana, *Theoria*, 2009, 18(2), 69-80.
- [5] Tarrán EP, Desinfección por luz ultravioleta, Sao Paulo-Brasil: Tech Filter, 2002.
- [6] El Financiero. Cáncer de piel, segundo lugar de incidencia en México: FMD. Accedido: 26 de junio de 2022. Disponible en: <https://www.elfinanciero.com.mx/sociedad/cancer-de-piel-segundo-lugar-de-incidencia-en-mexico-fmd>.
- [7] S. de Salud. Cáncer de piel duplica su incidencia cada 10 años. Accedido: 26 de junio de 2022. Disponible en: <http://www.gob.mx/salud/prensa/cancer-de-piel-duplica-su-incidencia-cada-10-anos>.
- [8] UNAM Global. El cáncer de piel es el segundo cáncer más frecuente en México. Accedido: 20 de julio de 2022. Disponible en: <https://unamglobal.unam.mx/el-cancer-de-piel-es-el-segundo-cancer-mas-frecuente-en-mexico>.
- [9] WHO. World Health Organization y Organisation Mondiale de la Santé, Global solar UV index: a practical guide. A joint recommendation of World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Geneva, 2002.
- [10] Willoughby A. Design and Construction of Ultraviolet and Incoming Solar Irradiance Sensing Device, 2021. doi: [10.24996/ijcs.2022.63.12.10](https://doi.org/10.24996/ijcs.2022.63.12.10).
- [11] Verduga-Urdánigo F, Cevallos-Macías J, Solórzano-Cadena R. Construcción de un sistema de bajo costo para la medición de rayos ultravioleta basado en el internet de las cosas, *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 2020, 4(6), 73-92. doi: [10.46296/yc.v4i6desp.0030](https://doi.org/10.46296/yc.v4i6desp.0030).
- [12] Mañay E, Malliquinga MDC, Bonilla HST, Corrales MMM. Internet of things system for ultraviolet index monitoring in the community of Chirinche Bajo, *Revista Odigos*, 2022, 3(2), 9-25. doi: [10.35290/ro.v3n2.2022.595](https://doi.org/10.35290/ro.v3n2.2022.595).
- [13] Pramono NA, Ghaisyani O, Purwandani BA, Sofyan FI, Application of Arduino Programming Using ML8511 UV Sensor Hookup Guide to Learning the Effect of Ultraviolet's Level, *Journal of Disruptive Learning Innovation*, 2020, 2(1), 37-44. doi: [10.17977/um072v2i12020p37-44](https://doi.org/10.17977/um072v2i12020p37-44).
- [14] Ardimansyah MI, Widiyanto MH. Development of online learning media based on Telegram Chatbot (Case studies: Programming courses), en *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 012006. doi: [10.1088/1742-6596/1987/1/012006](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1987/1/012006).
- [15] Setiaji H, Paputungan IV. Design of telegram bots for campus information sharing, en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, 012005. doi: [10.1088/1757-899X/325/1/012005](https://doi.org/10.1088/1757-899X/325/1/012005).
- [16] Velázquez Macías J, Veyna Lamas M, Vela Dávila J, Rodríguez González B. Uso de un Bot para la comprobación de fórmulas matemáticas de las materias de Probabilidad e Investigación de Operaciones de la Universidad Politécnica de Zacatecas, ECORFAN, 2016, 2(5), 53-58.
- [17] Velázquez Macías J, Vela Dávila J, Veyna Lamas M, Gomez Aguilar C. Desarrollo de un bot para apoyo en el tratamiento del tabaquismo en el Centro de Integración Juvenil en Zacatecas, ECORFAN, 2017, 1(2).
- [18] Rodrigues CKDS, Rocha V. Towards blockchain for suitable efficiency and data integrity of IoT ecosystem transactions, *IEEE Latin America Transactions*, 2021, 19(7), 1199-1206. doi: [10.1109/TLA.2021.9461849](https://doi.org/10.1109/TLA.2021.9461849).
- [19] Mazon-Olivo B, Pan A. Internet of Things: State-of-the-art, *Computing Paradigms and Reference Architectures*, IEEE Latin America Transactions, 2021, 20(1), 49-63. doi: [10.1109/TLA.2022.9662173](https://doi.org/10.1109/TLA.2022.9662173).
- [20] Rao TA, Haq EU. Security challenges facing IoT layers and its protective measures, *International Journal of Computer Applications*, 2018, 179(27), 31-35. doi: [10.5120/ijca2018916607](https://doi.org/10.5120/ijca2018916607).
- [21] Alves RG, Maia RF, Lima F. Discrete-event simulation of an irrigation system using Internet of Things, *IEEE Latin America Transactions*, 2022, 20(6), 941-947. doi: [10.1109/TLA.2022.9757736](https://doi.org/10.1109/TLA.2022.9757736).
- [22] Durante G, Beccaro W, Peres H. IoT protocols comparison for wireless sensors network applied to marine environment acoustic monitoring, *IEEE Latin America Transactions*, 2018, 16(11), 2673-2679. doi: [10.1109/TLA.2018.8795107](https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8795107).
- [23] Pérez EJT, Villalobos LFH, Pérez GAP. Sistema para la medición, visualización y registro de la radiación solar.
- [24] Estrada Cutimbo L. Implementar chatbot basado en inteligencia artificial para la gestión de requerimientos e incidentes en una empresa de seguros, 2018.
- [25] Kohli B, Choudhury T, Sharma S, Kumar P. A platform for human-chatbot interaction using python, en 2018 2nd. Int. Conf. on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), IEEE, 2018, 439-444. doi: [10.1109/ICGCIoT.2018.8753031](https://doi.org/10.1109/ICGCIoT.2018.8753031).
- [26] Liu, K. et al. On Manually Reverse Engineering Communication Protocols of Linux-Based IoT Systems, *IEEE Internet of Things Journal*, 2020, 8(8), 6815-6827. doi: [10.1109/JIOT.2020.3036232](https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3036232).

ACERCA DE LOS AUTORES



Jesús Velázquez Macías. Es Ingeniero en Sistemas Computacionales con especialidad en Redes y Sistemas Distribuidos. Actualmente es docente investigador de tiempo completo en la Universidad Politécnica de Zacatecas durante 12 años desempeñando

labores de investigación, docencia, tutorías y gestión académica, anteriormente trabajo como consultor de redes en empresas privadas por 10 años más. Tiene certificaciones con validez internacional en Linux, Cisco, Hethical Hacking, Java y Visual Studio, además de una maestría en Tecnologías de Información y Comunicaciones, además de contar con el grado de Doctor en Tecnología Educativa, ha publicado diferentes artículos en congresos nacionales e internacionales.



José Alberto Vela Dávila. Obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería de Software por parte del Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) campus Zacatecas en el año

2008. Su trabajo de investigación fue “Ambientes de Desarrollo de Software basado en componentes”. Actualmente es aspirante al Doctorado en Ciencias Computacionales del CIMAT, en la línea de investigación de Human Computer Interaction (HCI). Se desempeña como docente del programa Educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo y la Universidad Politécnica de Zacatecas ambas instituciones ubicadas en la ciudad de Fresnillo, Zacatecas, México.



Claudia Guadalupe Lara Torres. Nació en la ciudad de Zacatecas el 30 de octubre de 1980, es Ingeniero Industrial y tiene la Maestría en Administración, ambas realizadas en el Instituto Tecnológico campus Zacatecas,

actualmente está elaborando una tesis para obtener el grado de Doctor en Administración por la Facultad de Contaduría de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Dentro del ámbito laboral ha trabajado en el sector productivo durante 7 años, y aproximadamente 12 años en la educación. Actualmente trabaja en la Universidad Politécnica de Zacatecas como profesor de tiempo completo, realizando funciones como

la docencia, asesoría, gestión, tutoría e investigación. Ha participado en congresos nacionales con la publicación de artículos y ponencias en ciudades como Aguascalientes, Celaya, Morelia, Zacatecas y Durango, e internacionales en países como Colombia y Cuba.



María del Consuelo González Domínguez. Docente de asignatura en la Universidad Politécnica de Zacatecas desde hace 19 años desempeñando labores de docencia, tutorías y gestión académica. Docente de la Universidad Autónoma de Fresnillo realizando actividades de docencia, tutorías, presidente de academia del programa de Administración de Empresas.